



燃料电池系列深度报告之一：

政策循序渐进，燃料电池产业有待腾飞

2019.04.08

潘永乐(分析师)

电话：020-88832354

邮箱：pan.yongle@gzgzhs.com.cn

执业编号：A1310518070002

核心观点：

● 日本发展最为早期，美国走军民两用路线

日本是全球推动燃料电池起步最早的国家。日本早在 2009 年，发布了《燃料电池汽车和加氢站 2015 年商业化路线图》，2014 年，日本出台的《氢能/燃料电池战略发展路线图》明确了氢能三步走发展战略：日本以发展民用为主，预计到 2030 年燃料电池装置使用量达到 530 万台。美国燃料电池走军民两用路线。美国政府近年来大力支持包括燃料电池在内的清洁能源技术的发展，美国能源部、各大州相继出台扶持政策，希望通过政府扶持的举措推进燃料电池的普及。不仅仅在民用端，在潜艇等军事设备也均有应用。

● 燃料电池行业短期发展补贴推动，长期发展依靠技术进步

氢燃料电池汽车具有动力性能高、加氢快、充电快、续航里程长、接近零排放等优点。从目前情况看，促进燃料电池汽车商业化的关键是降低成本，包括电堆以及相关核心材料等。目前加氢站数量少制约了产业发展。短期来看，2019 年有望正式实施“十城千辆”计划，将通过政策补贴的方式给予燃料电池产业快速发展的推动力。长期来看：中国要达到商业化仍存痛点：其一是关键技术不成熟、未实现国产化，其二是制氢、储氢、运氢、加氢站产业链发展和基础设施配套尚不完善。未来产业发展将走出分化行业，在技术进步中具备优势的企业将快速成长。

● 中国燃料电池产业处于萌芽期，商用车是产业化突破口

中国燃料电池产业目前处于萌芽时期，商用车是规模化应用的先锋。公共交通的平均成本低，形成规模后带动燃料电池成本和氢气成本下降；另一方面商用车行驶在固定的线路上且车辆集中，建设配套的加氢站比较容易。2018 年中国燃料电池汽车产销均完成 1527 辆，包括 1418 辆燃料电池客车以及 109 辆燃料电池货车，而国内商用车销量为 437.1 万辆，燃料电池汽车渗透率仅 0.03%，未来发展空间可观。

投资建议：

我们推荐产业布局合理的潍柴动力（参股巴拉德、弗尔赛等）、厚普股份（加氢站设备）、雄韬股份（布局膜电极、电堆、系统企业）。

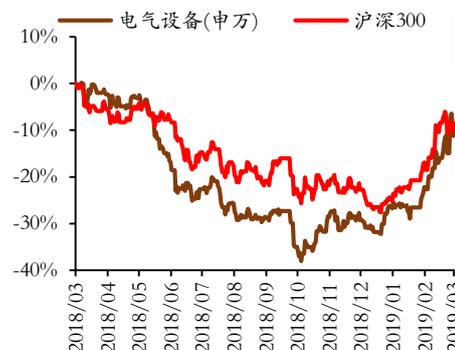
风险提示：

能源补贴政策出现调整，新能源车销量不达预期；上游原材料价格出现波动，燃料电池汽车推广不及预期。

强烈推荐(首次)

电力设备新能源行业

股价走势



指数表现：

涨跌(%)	1M	3M	6M
电气设备	3.69	-0.02	-17.15
沪深 300	-1.25	-2.93	-16.95

行业估值

当期估值	43.03
平均估值	38.12
历史最高	74.37
历史最低	18.80

相关报告

数据支持：李子豪



目录

1 国家政策循序渐进引导产业发展	5
1.1 政策将循序渐进引导支持燃料电池的发展	5
1.2 政策规划发展路线明确	6
1.3 国家政策扶持仍是短期发展主要推动力	6
1.4 商用车是燃料电池普及的突破口	7
2 日美燃料电池发展行业领先	8
2.1 日本技术领先，美国军民两用	8
2.2 中国燃料电池产业集群初步形成	10
2.3 海外燃料电池应用已经初具规模	12
3 我国燃料电池产业发展潜力巨大	13
3.1 降低电池成本是中短期推广燃料电池的关键因素	13
3.2 加氢站建设是促进燃料电池大规模应用的关键	14
4 中国燃料电池进入产业化阶段	15
4.1 燃料电池的类型与特征	16
4.2 氢燃料电池产业链上游材料——氢能	16
4.3 上游材料燃料电池堆——膜电组件	18
4.4 上游材料燃料电池堆——双极板	20
4.5 中游材料供气子系统——空压机	20
4.6 氢燃料电池产业链——下游应用	21
5 投资建议	22
6 风险提示	22



图表目录

图表 1.	中国燃料电池纲领性政策梳理	5
图表 2.	《中国制造 2025》燃料电池汽车发展规划	6
图表 3.	《蓝皮书》中国氢能产业发展路线图	6
图表 4.	中国加氢站目前布局	6
图表 5.	燃料电池类新能源车补贴政策历程	7
图表 6.	全球角度燃料电池在各应用领域容量 (单位 MW)	7
图表 7.	中国燃料电池汽车产量	8
图表 8.	2016~2018 年目录燃料电池汽车	8
图表 9.	日本燃料电池发展政策	8
图表 10.	韩国燃料电池发展规划	9
图表 11.	美国燃料电池发展政策	9
图表 12.	氢能与燃料电池汽车七大区域产业集群	10
图表 13.	出台产业扶植政策城市 (主要)	10
图表 14.	中国生产氢燃料电池车数量	10
图表 15.	“氢能社会”城市 (主要)	10
图表 16.	我国主要燃料电池汽车发展政情况	11
图表 17.	短鳍梭鱼级潜艇	12
图表 18.	苍龙级 AIP 潜艇	12
图表 19.	“离子虎”无人机	12
图表 20.	“扫描鹰”无人机	12
图表 21.	丰田第二代氢能源汽车 FCV PLUS	13
图表 22.	丰田第一代氢能源汽车“MIRAI” (未来)	13
图表 23.	燃料电池的应用	13
图表 24.	韩国燃料电池的固定式发电站	13
图表 25.	氢燃料电池成本结构	14
图表 26.	燃料电池堆成本结构	14
图表 27.	氢燃料电池成本变化趋势 (美元/kW)	14
图表 28.	净输出 80kW 的燃料电池堆分项成本占比	14
图表 29.	各国加氢站数量	15
图表 30.	加氢站建设成本构成	15
图表 31.	我国正在运营加氢站	15
图表 32.	燃料电池的类型与特征	16
图表 33.	传统电解水制氢	17
图表 34.	光催化剂进行太阳能制氢	17
图表 35.	氢气的运输方法	17
图表 36.	加氢成本构成	17
图表 37.	Hexagon 首次为加氢站提供储氢装置	17
图表 38.	加氢站的分类及特点	18
图表 39.	质子交换膜作用机制	18
图表 40.	质子交换膜的燃料电池 (PEMFC)	18
图表 41.	国内外主要质子交换膜供应商	18
图表 42.	催化剂主要研究方向	19
图表 43.	不同种类扩散层的性能指标	20
图表 44.	不同双极板的特点对比	20



廣證恒生

GUANGZHENG HANG SENG

行业深度报告

图表 45.	空气压缩机种类及对比	21
图表 46.	中外燃料电池汽车对比	21
图表 47.	燃料电池上市公司估值对比	22

1 国家政策循序渐进引导产业发展

氢燃料电池汽车具有动力性能高、加氢快、充电快、续航里程长、接近零排放等优点。从目前情况看，促进燃料电池汽车商业化的关键是降低成本，包括电堆以及相关核心材料等。目前加氢站数量少制约了产业发展，氢能储运技术以及燃料电池等终端应用技术方面与国际先进水平仍存在较大差距。

1、短期来看：展望 2019 年，2019 年有望正式实施“十城千辆”计划，通过提供财政补贴，计划用 3 年左右的时间，每年发展 10 个城市，每个城市推出 1000 辆新能源汽车开展示范运行，在短期内，将通过政策补贴的方式给予燃料电池产业快速发展的推动力。

2、长期来看：中国要达到商业化仍存痛点：其一是关键技术不成熟、未实现国产化，其二是制氢、储氢、运氢、加氢站产业链发展和基础设施配套尚不完善。未来产业发展将走出分化行业，在技术进步中具备优势的企业将快速成长。

1.1 政策将循序渐进引导支持燃料电池的发展

中国对于燃料电池发展支持处于循序渐进状态。我国从 2001 年就确立了“863 计划电动汽车重大专项”项目，确定三纵三横战略，以纯电动、混合动力和燃料电池汽车为三纵，以多能源动力总成控制、驱动电机和动力电池为三横。近期随着燃料电池产业发展逐渐成熟，中国在燃料电池领域的规划纲要和战略定调已经出现苗头，支持力度逐渐加大，政策从发展路线、产业规划和补贴扶持全方位支持燃料电池产业发展。

图表1. 中国燃料电池纲领性政策梳理

时间	政策内容
2001-09	国家 863 计划“电动汽车”重大科技专项确定了以“三纵三横”为核心的电动汽车专项矩阵式研发体系，其中包含了燃料电池汽车和燃料电池系统的研发。
2006-02	《国家中长期科学和技术发展规划（2006-2010 年）》将“低能耗与新能源汽车”与“氢能及燃料电池技术”分别列入优先主题和前沿技术。
2012-06	国务院发布《节能与新能源汽车产业发展规划（2012-2020 年）》，首次对燃料电池汽车未来发展要达到的技术指标做了规划，提出到 2020 年燃料电池汽车、车用氢能源产业要达到与国际同步的水平。
2014-11	国务院发布《能源发展战略行动计划 2014-2020》，提出把氢的制取、储运及加氢站，先进燃料电池、燃料电池分布式发电作为重点发展方向。
2015-05	在《中国制造 2025》中将燃料电池汽车发展作为十大发展领域之一，在解读文件中对燃料电池汽车发展细节进行规划，提出关键材料、零部件逐步国产化、燃料电池堆和整车性能逐步提升、燃料电池运行规模进一步扩大。
2016-05	在《国家创新驱动发展纲要》中，重点提出“开发氢能、燃料电池等新一代能源技术。”
2016-10	发布《中国氢能产业技术设施发展蓝皮书（2016）》——氢能产业发展路线图，明确我国氢能产业在近期、中期、远期三个阶段的发展目标和任务。
2017-04	在《汽车产业中长期发展规划》中，提出燃料电池发展以 2020 年、2025 年、2030 年为三个关键时间节点，使车用燃料电池电堆的性能、寿命、成本三个关键指标依次达到商业化要求，并且完成电堆和关键材料的批量制造能力建设。
2019	2019 年有望正式实施燃料电池“十城千辆”计划，通过提供财政补贴，计划用 3 年左右的时间，每年发展 10 个城市，每个城市推出 1000 辆新能源汽车开展示范运行。

资料来源：广证恒生收集整理

多部委密集出台了支持氢能产业发展的政策。在产业规划方面，2014 年 9 月，科技部启动“十三五”电动汽车科技规划制定，强调了发展燃料电池汽车的重要性，并计划在关键基础器件、燃料电池系统、基础设施与示范三个方面加大研发和投入力度。2015 年 5 月，国务院印发《中国制造 2025》，表示继续支

持电动汽车、燃料电池汽车发展，掌握汽车低碳化、信息化、智能化核心技术等。2016年11月29日，《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》提出系统推进燃料电池汽车研发和产业化。加强燃料电池基础材料与过程机理研究，推动高性能低成本燃料电池材料和系统关键部件研发。加快提升燃料电池堆系统可靠性和工程化水平，到2020年，实现燃料电池汽车批量生产和规模化示范应用。

图表2. 《中国制造2025》燃料电池汽车发展规划

发布单位	目标	具体内容
装备工业司	关键材料、零部件逐步国产化	2020年，实现燃料电池关键材料批量化生产的质量控制和保证能力； 2025年，实现高品质关键材料、零部件实现国产化和批量供应。
装备工业司	燃料电池堆和整车性能逐步提升	2020年，燃料电池堆寿命达到5000小时，功率密度超过2.5千瓦/升，整车耐久性到达15万公里，续驶里程500公里，加氢时间3分钟，冷启动温度低于-30℃； 2025年，燃料电池堆系统可靠性和经济性大幅提高，和传统汽车、电动汽车相比具有一定的市场竞争力，实现批量生产和市场化推广。
装备工业司	燃料电池汽车运行规模进一步扩大	2020年，生产1000辆燃料电池汽车并进行示范运行； 2025年，制氢、加氢等配套基础设施基本完善，燃料电池汽车实现区域小规模运行。

资料来源：工信部、广证恒生

1.2 政策规划发展路线明确

在发展路线方面，2016年10月，工信部组织制定的《节能与新能源汽车技术路线图》明确提出，2020年实现5000辆级燃料电池汽车应用，2025年实现5万辆级的应用。2016年11月公布的《中国氢能产业基础设施发展蓝皮书（2016）》，明确了我国氢能产业基础设施在近期（2016-2020年）、中期（2020-2030年）和远期（2030-2050年）三个阶段的发展目标和首要任务，首次提出了发展路线图。

图表3. 《蓝皮书》中国氢能产业发展路线图



资料来源：中国标准化研究院、广证恒生

图表4. 中国加氢站目前布局



资料来源：中国氢能资源网、广证恒生

据《蓝皮书》规划，到2020年，我国加氢站达100座，燃料电池车辆达1万辆，氢能轨道交通车辆达50列，行业总产值达3000亿元；到2030年，加氢站数量达1000座，燃料电池数量达200万辆，行业总产值达10000亿元；到2050年，燃料电池数量达1000万辆，并在全国范围内建成与燃料电池车保有量相匹配的氢能供给和利用基础设施网络，行业总产值达40000亿元。2016年12月，国家发改委、能源局联合印发《能源技术革命创新行动计划（2016—2030）》，将可再生能源制氢、氢能与燃料电池技术创新作为重点任务。

1.3 国家政策扶持仍是短期发展主要推动力

在补贴扶持方面，2019年有望正式实施“十城千辆”计划，通过提供财政补贴，计划用3年左右的时间，每年发展10个城市，每个城市推出1000辆新能源汽车开展示范运行。2020年电动汽车的补贴退出后，氢

燃料电池汽车的补贴至少还将维持 3 至 5 年。

图表5. 燃料电池类新能源车补贴政策历程

年份	发布单位	政策	政策内容
2009-01	财政部、科技部	《节能与新能源汽车示范推广财政补助资金管理暂行办法》	(1) 燃料电池类公共服务用乘用车和轻型商用车给予 25 万元/辆的补贴；(2) 燃料电池类十米以上城市公交客车给予 60 万元/辆的补贴。
2011-02	人大常委会	《中华人民共和国车船税法》	对燃料电池乘用车不征收车船税。
2014-08	国家税务总局	《关于免征新能源汽车车辆购置税的公告》	自 2014 年 9 月 1 日至 2017 年 12 月 31 日，对购置的新能源汽车免征车辆购置税。
2014-11	财政部	《关于新能源汽车充电设施建设奖励的通知》	对国家技术标准且日加氢能力不少于 200 公斤的新建燃料电池汽车加氢站每个站奖励 400 万元。
2015-04	财政部	《关于 2016-2020 年新能源汽车推广应用财政支持政策的通知》	(1) 燃料电池乘用车给予 20 万元/辆的补助；(2) 燃料电池轻型客车、货车给予 30 万元/辆的补助；(3) 燃料电池大中型客车、中重型货车给予 50 万元/辆的补助。
2016-12	装备工业司	《关于调整新能源汽车推广应用财政补贴政策的通知》	(1) 提高推荐车型目录门槛并动态调整。(2) 设置中央和地方补贴上限，其中地方财政补贴(地方各级财政补贴总和)不得超过中央财政单车补贴额的 50%。各类车型 2019-2020 年中央及地方补贴标准和上限，在现行标准基础上退坡 20%，燃料电池汽车补贴标准不变。(3) 改进补贴资金拨付方式。
2017-12	国家税务总局	《关于免征新能源汽车车辆购置税的公告》	自 2018 年 1 月 1 日至 2020 年 12 月 31 日，对购置的新能源汽车免征车辆购置税。
2018-02	财政部、科技部、工信部、发改委	《关于调整完善新能源汽车补贴应用财政补贴政策的通知》	规定自 2018 年 2 月 12 日至 2018 年 6 月 11 日过渡期内，燃料电池汽车补贴政策不变
2019-03	财政部、工信部、科技部、发改委	《关于进一步完善新能源汽车推广应用财政补贴政策的通知》	规定自 2019 年 3 月 26 日至 2019 年 6 月 25 日过渡期内，燃料电池汽车补贴按照 2018 年标准 0.8 倍补贴。

资料来源：广证恒生收集整理

1.4 商用车是燃料电池普及的突破口

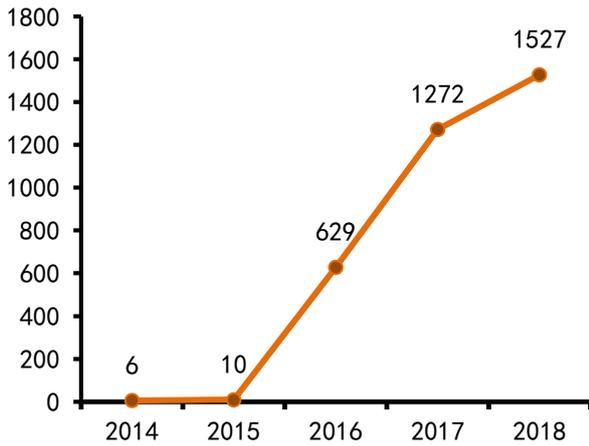
目前的燃料电池在某些方面已经达到产业化条件，以美国为代表的国际先进水平燃料电池车辆寿命和运营里程达到传统汽柴油车水准；成本快速下降，日韩燃料电池汽车预计 2025 年能达到传统内燃机车成本水平。从全球来看，燃料电池的应用主要包括固定式电源、交通运输和便携式电源三大类领域。交通领域应用的商业化进程正在加速，且交通运输领域成长性最强。2018 年，全球燃料电池约为 803.1MW，2011-2018 年间复合增长率达 32.95%。

图表6. 全球角度燃料电池在各应用领域容量 (单位: MW)

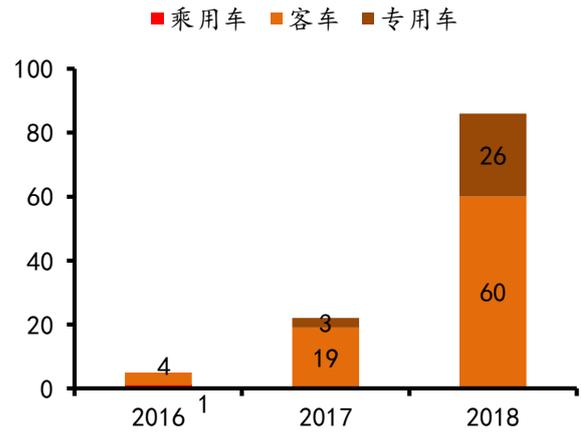
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018E
便携式	0.4	0.5	0.3	0.4	0.9	0.3	0.6	0.7
固定式	81.4	124.9	186.9	147.8	183.6	209	222.3	239.8
交通领域	27.6	41.3	28.1	37.2	113.6	307.2	435.7	562.6
总计	109.4	166.7	215.3	185.4	298.1	516.5	658.6	803.1

资料来源：E4Tech、广证恒生

中国燃料电池乘用车尚处于试验验证阶段，商用车将成为突破口。目前中国燃料电池乘用车仅有概念车，未进行量产。中国燃料电池商用车经过多年研发已进入商业化阶段，多家车企推出了燃料电池商用车产品，2017年《新能源汽车推广应用推荐车型目录》中仅有3款专用车、19款客车入榜，而2018年增至26款专用车、60款客车，专用车、客车车型数分别是2017年的8.67、3.16倍。2018年中国燃料电池汽车产销均完成1527辆，包括1418辆燃料电池客车以及109辆燃料电池货车，而国内商用车销量为437.1万辆，燃料电池汽车渗透率仅0.03%，未来发展空间可观。

图表7. 中国燃料电池汽车产量


资料来源：中汽协、广证恒生

图表8. 2016~2018年目录燃料电池汽车


资料来源：工信部、广证恒生

2 日美燃料电池发展行业领先

2.1 日本技术领先，美国军民两用

日本是全球推动燃料电池最积极的国家。其原因除日本重视环境保护之外，还与日本的化石能源匮乏有关。早在2009年，日本就发布了《燃料电池汽车和加氢站2015年商业化路线图》，其中明确了日本燃料电池的商业化进程。2014年，日本出台的《氢能/燃料电池战略发展路线图》明确了氢能三步走发展战略：第一步从2014年到2025年推广氢能的适用范围，计划到2015年加氢站达到100座，从2015年到2017年之间实现燃料电池车和固体氧化物燃料电池的商业化，到2030年燃料电池装置使用量达到530万台；第二步从2020年中期到2030年，计划全面实现以氢能发电并且建立大规模的氢能供应系统；第三阶段从2040年开始，计划全面实现制氢、运氢和储氢的零排放。

图表9. 日本燃料电池发展政策

时间	事件
2013年	日本经济产业省对商业化加氢站建设进行补贴，每个加氢站最高可获相当于投资成本的50%的补贴，当年内就有19个加氢站申请获得了补贴。
2014年	日本经济产业省发布了《氢燃料电池普及促进策略》，将氢燃料电池及燃料电池车等国际标准转化为国内行业标准，并且修改了《高压气体保安法》，提高补给的氢燃料压力上限到875个大气压，扩大氢气罐容量，提升续航里程20%。
2014年	日本政府对每辆燃料电池车提供200万日元的补贴以扩大本土市场。
2014年	日本氢能/燃料电池战略协会公布了《燃料电池战略发展路线图》。
2014年	日本制定了普及氢能和家用燃料电池的时间表，引进购车补贴制度以推动燃料电池汽车上市，将氢定为新型能源。

2015 年	日本东京为在 2020 年东京奥运会期间建立“氢能社会示范区”，计划推广 6000 辆燃料电池乘用车，并逐步将部分巴士替换为燃料电池客车，推动燃料电池客车的产业化。
2015 年	日本新能源及产业技术综合开发机构宣布部署新的燃料电池汽车研发项目。
2016 年	日本经济产业省公布了燃料电池汽车的普及计划，计划到 2025 年度使供给加氢站增至 320 处，相当于目前的 4 倍
2017 年	日本经济产业省发布了《氢能基本战略》，明确设定了中期（2030 年）、长期（2050 年）的氢能发展目标。
2018 年	日本新能源和产业技术综合开发机构制定了氢燃料汽车推广目标。根据目标规划，日本将在 2040 年普及氢燃料汽车，并且氢燃料电池车的续航里程将延长至目前的 1.5 倍，达到 1000 公里。到 2040 年该车型的保有量将由目前的 2000 辆，增加到 300 万至 600 万辆。

资料来源：中国汽车报，广证恒生

韩国对于燃料电池的研发分为四个阶段。分别为：第一阶段：2009~2012，主要开展研发与示范运行工作；第二阶段：2013~2020，商业化与市场渗透阶段；第三阶段：2021~2030，市场扩展阶段；第四阶段：2030~，市场完全开发，基础设施健全。目前韩国燃料电池的发展处于第二阶段，商业化与市场渗透阶段。

图表10. 韩国燃料电池发展规划

领域	目标
燃料电池乘用车	2019 年底前至少推 4000 辆氢燃料电池车上路，并到 2025 年打造年产量达 10 万辆的生产体系。计划到 2022 年将累计产量提升至 8.1 万辆，并使得主要零部件的国产化率达到 100%。最终目标是到 2040 年，使得氢燃料电池车累计产量达到 620 万辆，其中 290 万辆面向韩国国内市场，330 万辆用于出口。
公共交通领域	2019 年在 7 座城市推广 35 辆氢燃料电池巴士，2022 年增加到 2000 辆，2040 年进一步增至 4 万辆。氢燃料电池出租车 2019 年开始试运行，而后到 2040 年增加到 8 万辆。从 2021 年开始，垃圾收集车、洒水车、清扫车等专用车领域将引入氢燃料电池卡车，而后扩大到物流车等领域。此外，研发和试验氢动力船舶、氢动力列车、氢动力无人机等项目。
加氢站	目前韩国国内有 14 座加氢站，到 2022 年将增加到 310 座，2040 年增至 1200 座。为加氢站的建设和运营提供补贴，并放宽管制措施积极吸引民间资本的参与。通过提高加氢站核心零部件的国产化率（由 40% 提升至 80% 以上），来降低加氢站建设成本，降至 20 亿韩元（约合人民币 1204 万元）以下。
能源领域	到 2040 年将发电用燃料电池的产量提升至 15GW，与此同时，家庭、建筑用燃料电池也将普及 2.1GW。
氢气供应量	2040 年将增至 526 万吨，通过氢气的大规模稳定供给，到 2022 年将每公斤氢燃料价格降至 6000 韩元，到 2040 年进一步降至 3000 韩元。
商用车	开发氢燃料电池市内大型公交客车，计划 2019 年开始销售；垃圾清运车、路面清扫车等氢燃料电池中型卡车也在开发中；从 2019 年开始分 5 年生产 1000 辆氢燃料电池大型卡车。

资料来源：中国汽车报，广证恒生

美国燃料电池走军民两用路线。美国燃料电池的发展与日本不同。日本在民用居多，日本丰田的 Mirai 燃料电池汽车广为人知。美国燃料电池则朝着军用和民用两个方向发展。美国政府近年来大力支持包括燃料电池在内的清洁能源技术的发展，美国能源部、各大州相继出台扶持政策，希望通过政府扶持的举措推进燃料电池的普及。

图表11. 美国燃料电池发展政策

时间	政策
2001 年 11	美国发布《2030 年及以后美国向氢经济转型的国家愿景》，它标志着美国“官、产、学、研”

月	各界对发展氢能基本达成共识，从而转入制定国家氢能战略阶段。
2002年4月	美国完成战略研究并发布了《国家氢能路线图》
2005年	美国出台《能源政策法》，将发展氢能和燃料电池技术的有关项目及其财政经费授权额度明确写入法中，今后10年间将投入123亿美元支持氢能和燃料电池技术研发，同时对购买燃料电池汽车返税8000美元以上，对加氢站建设或家用燃料电池给予30%的补偿。
2009年2月	通过了《2009年恢复与再投资法》的经济刺激计划，整个预算7890亿美元中约500亿美元用来提高能效和扩大对可再生能源的生产，在未来10年中创造至少46万个新的就业机会，其中约200亿美元用于可再生能源和清洁能源项目，氢能和燃料电池相关研发也将受益。
2013年5月	美国能源部宣布启动一项H2USA的项目，该项目由美国政府牵头，大力支持氢能源汽车研发。
2014年5月	发布了《全方位能源战略》，氢能燃料电池列为该战略的重要组成部分。
2015年	宣布支持11个燃料电池创新项目，促进低成本制氢与分布式燃料电池发电技术的研发。
2018年	美国能源部（DOE）宣布了3400万美元的关于小企业创新研究和小企业技术转让的项目。作为该项目的一部分，美国能源部能效和可再生资源办公室将拿出总计近1300万美元的资金，用于资助34个州的87个新项目，其中包括4个燃料电池项目。

资料来源：中国氢能源网，天津研究院，广证恒生

2.2 中国燃料电池产业集群初步形成

中国氢能与燃料电池汽车七大产业集群初步凸显。中国的燃料电池技术应用起步较晚，较于国外有5-7年技术差距，但是现在也已经形成京津冀、长三角、珠三角、华中、西北、西南、东北等七个产业集群。各大集群的产业链日趋成熟，示范运营车型数量进一步提升，意味着我国氢能与燃料电池汽车产业发展进入商业化初期。北京、张家口、上海、武汉、苏州、广州等地纷纷出台产业扶植政策。张家口市提出在“五大领域”加快布局氢能产业，武汉市首份氢能产业发展规划建议方案的出台，苏州市发改委公布了“市政府办公室关于转发苏州市氢能产业发展指导意见（试行）的通知”等。

图表12. 氢能与燃料电池汽车七大区域产业集群



资料来源：第一动力网、广证恒生

图表13. 出台产业扶植政策城市（主要）

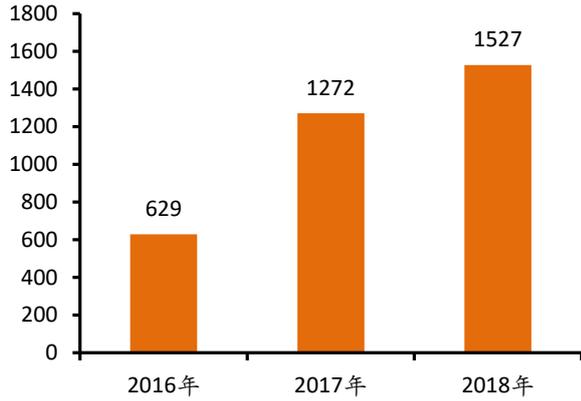


资料来源：第一动力网、广证恒生

以燃料电池客车为“先头部队”的商业化逐步铺开。北京、张家口、郑州、抚顺、大同、上海、张家港、如皋、成都、佛山、云浮等城市，“氢能社会”已初见雏形。以北京地区为例，水木通达于2018年年年初即投运60辆燃料电池客车，在此基础上，10月再推出5辆UNDP燃料电池公交车；张家口市从2018年8月开始陆续投运74辆燃料电池公交车；佛山禅城70辆燃料电池公交车也已正式投入运营。随着燃料电池汽车运营市场的扩大，整车企业对于燃料电池汽车的积极性更高。

图表14. 中国生产氢燃料电池车数量

图表15. “氢能社会”城市（主要）



资料来源：中汽协、广证恒生



资料来源：中汽协、广证恒生

随着七大产业集群形成，各地激励政策进一步明确，资本市场热度提升，关键零部件核心技术加速国产化，产业链相关企业迅速发展，燃料电池汽车示范运营遍地开花，我国氢能与燃料电池汽车产业正在蓬勃发展。

图表16. 我国主要燃料电池汽车发展情况

企业名称	燃料电池汽车
福田公司	2006年，福田与清华大学合作，开发了第1代的燃料电池车服务于奥运会；2008年，推出国内首款公告型氢燃料电池客车；
	2013年，福田汽车与亿华通共同研发氢燃料电池电动物流车；2014年，福田生产5辆第2代12m氢燃料电池电动客车；
	2016年5月，福田汽车开启氢燃料电池电动客车的商业化运作，与有车(北京)新能源汽车租赁有限公司签订了100辆8.5m氢燃料电池电动客车销售合同，已有28辆正式运行；目前，福田欧辉氢燃料电池客车已涵盖8.5m, 10.5m, 12m等多种产品，同时覆盖了城市客车、城间客车、旅游车、定制班车等多种用途类型。
宇通公司	2009年，成功推出了第1代增程式燃料电池客车；2013年，第2代电电混合燃料电池城市客车问世，并建设了加氢站；
	2014年，宇通获得国内商用车领域首个燃料电池客车资质认证；
	2015年，宇通取得国内首款燃料电池客车“公告”；
	2016年5月，宇通第3代燃料电池城市客车正式发布，并与亿华通签订100辆燃料电池客车合作意向书。
奇瑞新能源	2010年，在上海世博会运营燃料电池汽车；
	2016年展示艾瑞泽3燃料电池增程电动车；
	2018年，芜湖科博会上，奇瑞展示艾瑞泽5氢燃料电池增程式电动车，综合续航里程(NEDC)达到542km，最大续航里程是704km(匀速状态)。
中通客车	2017年1月，中通客车LCK6900FCEVG下线，成为国内首款9米氢燃料电池客车。该款车的燃料电池电堆净输出功率超过32kW，使用寿命超过10000h，标准工况运行续航里程可达400km；目前，中通客车试验了3种车型，包括12m公交车、9m客运车、6m物流车，并在2018年进行小批量的试运行。
佛山飞驰	2016年9月，佛山飞驰举行了全国首条氢能源城市公交车示范线路开通仪式，共投入了12辆燃料电池公交车；
	2017年6月，由佛山飞驰、广东国鸿和北京亿华通联合研制的5辆氢燃料电池城市客车在广东省云浮市城区投入运营。
南京金龙	2016年，与加拿大企业合作研发氢燃料电池技术。截止目前有5台12m燃料电池公交车在苏

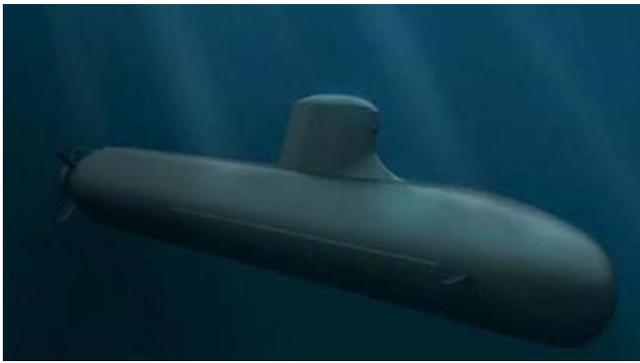
	北地区开始试运行。
中国陕汽	2018年2月, 陕汽控股在“2035 战略”规划发布会现场, 展示了国内首辆德龙 L3000 氢燃料电池环卫车, 续航里程 300 km。
苏州金龙	2016年5月, 展出氢燃料电池公交客车, 配装 75 kW 燃料电池发动机系统, 最高时速 75 km / h, 续航里程超过 320 km。

资料来源: 中汽协、广证恒生

2.3 海外燃料电池应用已经初具规模

国外燃料电池应用更加成熟, 不仅仅局限于商用, 更是向军用方向发展。德国的 212 型 /214 型潜艇、俄罗斯第五代常规艇、西班牙 S80 潜艇、法国“短鳍梭鱼”型潜艇均已使用或确定使用燃料电池+柴油机动力型式。此外, 日本防卫省也在研发潜艇燃料电池动力系统, 很可能用于下一代潜艇。

图表17. 短鳍梭鱼级潜艇



资料来源: 新浪军事、广证恒生

图表18. 苍龙级 AIP 潜艇



资料来源: 新浪军事、广证恒生

2012 年, 美海军研究实验室在“离子虎”无人机上试验了燃料电池, 使用 550W 的燃料电池续航力为 26 小时。若使用同等重量的蓄电池, 则续航力仅为 4 小时; 若换装液氢为燃料, 续航力可达到 48 小时。2017 年, 美军为早期的“扫描鹰”无人机换装了燃料电池动力系统, 将续航力从 8 小时提高至 10 小时, 同时故障率降低至 1/5。

图表19. “离子虎”无人机



资料来源: 国防科技信息网、广证恒生

图表20. “扫描鹰”无人机



资料来源: 环球网、广证恒生

海外已有多款燃料电池乘用车上市。目前海外已经上市的燃料电池汽车包括丰田 Mirai 燃料电池汽车、本田 Clarity 燃料电池汽车、现代 ix 35 燃料电池版。美国通用汽车公司也与陆军装备司令部坦克机动车辆研发与工程中心 (TARDEC) 联合研发了雪佛兰科罗拉多 ZH2 燃料电池汽车, 用于夏威夷军事基地。此外, 戴姆勒、宝马、大众等车企也在研发车用燃料电池。

丰田 Mirai 于 2015 年上市, 是最早开始商业化的燃料电池汽车, 有出售和租赁两种销售模式, 售价

目前约 6 万美元左右（政府还会补贴约 2 万美元），续航力约 600 公里，性能媲美汽油车。若丰田 Mirai 燃料电池汽车至 2020 年的销量可达到预计的 30000 辆（2016 年特斯拉 MODEL S 年销量 38000 辆），则仅该型号带来的产值就达到 18 亿美元。

图表21. 丰田第二代氢能源汽车 FCV PLUS



资料来源：汽车之家、广证恒生

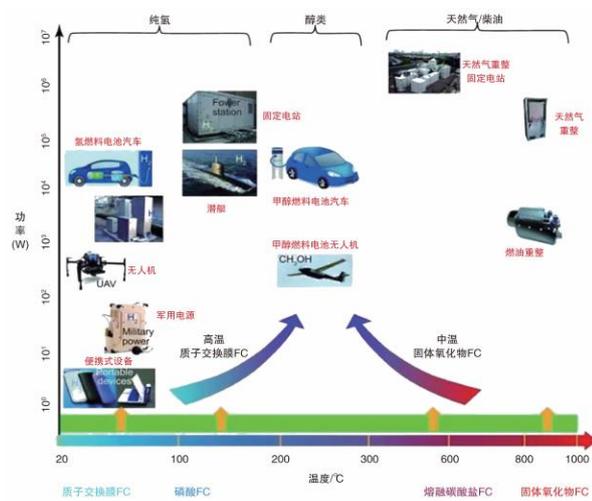
图表22. 丰田第一代氢能源汽车“MIRAI”（未来）



资料来源：汽车之家、广证恒生

固定式发电主要用于备用电源。燃料电池的固定式发电应用包括发电站、家用热电联产系统、备用电源等。备用电源主要为通信基站或发电站提供备用电力。从经济效益来看，燃料电池发电成本过高，用作备用电源的前景更好。燃料电池发电站以美国、韩国发展最为迅速。韩国建成了多个燃料电池发电厂，其中华城燃料电池园是目前世界最大的燃料电池发电站，配备 21 座功率为 2.8MW 的燃料电池（美国燃料电池能源公司提供技术支持），总功率达到 59MW，可为 13.5 万户家庭提供电力。家用热电联产系统从城市煤气中制氢，由燃料电池发电，产生的热量用于加热水，可以不依赖电网独立运行。

图表23. 燃料电池的应用



资料来源：燃料电池发动机工程技术研究中心、广证恒生

图表24. 韩国燃料电池的固定式发电站



资料来源：第一电动、广证恒生

3 我国燃料电池产业发展潜力巨大

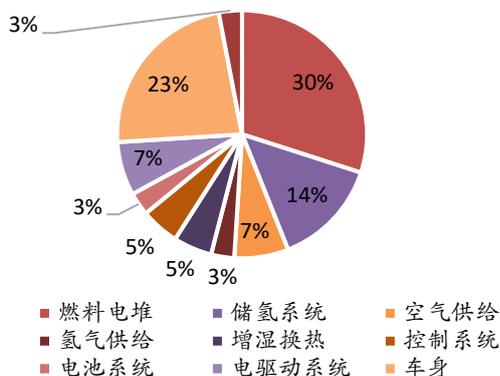
3.1 降低电池成本是中短期推广燃料电池的关键因素

成本高企仍是目前大规模推广的主要障碍。目前燃料电池的成本远远高于锂离子电池及一般的燃油车，燃料电池成本高的原因一方面是因为技术难度高，另一方面是量比较少，随着燃料电池量的增加，成本逐步降低。其主要由燃料电池堆、空气供给系统、冷却系统、及氢气检测供给系统等成分构成，电极成

本高昂的重要原因是其催化剂贵金属 Pt。除催化剂和双极板之外，其他零部件都具有较强的规模效应，随着燃料电池产量规模的扩大在燃料电池成本构成中占比不断缩小。

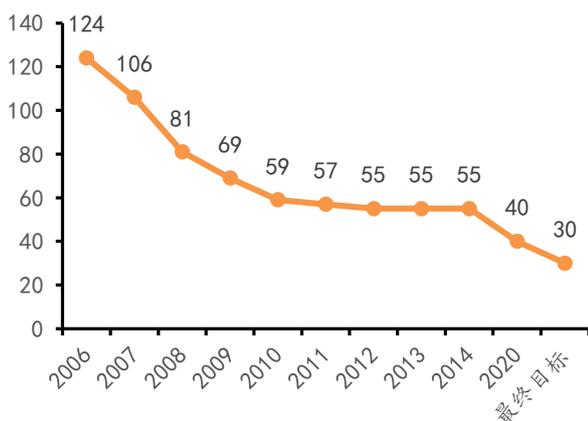
燃料电池的降本有两个途径，一是在成本结构中占比较高的部分如催化剂、双极板，降低这两者的成本。关于催化剂方面主要是开发、利用少铂和发展替代的催化剂。二是在在技术性要求比较高的质子交换膜和气体扩散层方面，实现技术突破。

图表25. 氢燃料电池成本结构



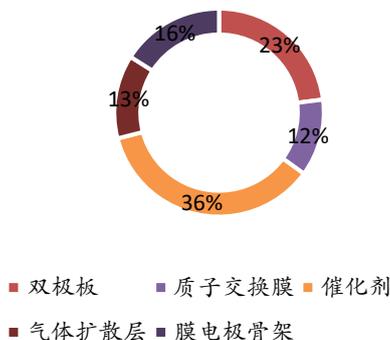
资料来源：第一电动、广证恒生

图表27. 氢燃料电池成本变化趋势（美元/kW）



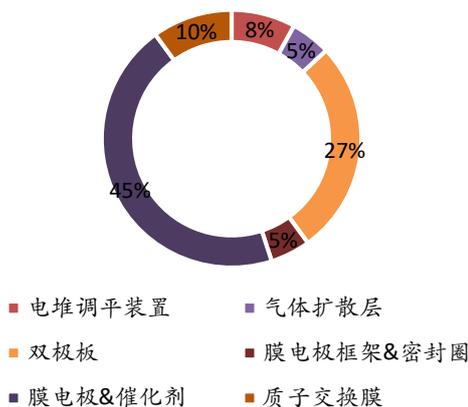
资料来源：DOE、广证恒生

图表26. 燃料电池堆成本结构



资料来源：第一电动、广证恒生

图表28. 净输出 80kW 的燃料电池堆分项成本占比

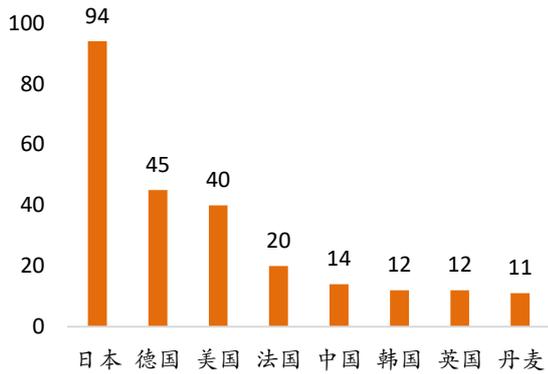


资料来源：美国能源部、广证恒生

3.2 加氢站建设是促进燃料电池大规模应用的关键

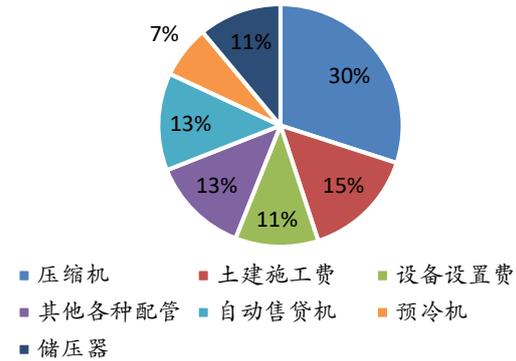
加氢站是给燃料电池汽车提供氢气的基础设施。自从 2015 年开始，氢燃料汽车首次在加州销售，在过去 3 年里，加州有 35 座加氢站向氢能源汽车提供加氢服务。截至目前，美国共有 40 座加氢站在运营中，计划 2023 年将建设超过 100 个加氢站。目前全球正在运营的 274 座加氢站中，有 106 座位于欧洲，101 座位于亚洲，64 座位于北美，2 座位于南美，1 座位于澳大利亚。而截止到 2018 年底我国国内运行加氢站仅有 18 座，未来加氢站的普及和商业化运营将大大有助于促进燃料电池电动汽车的普及。

图表29. 各国加氢站数量



资料来源: OFweek、广证恒生

图表30. 加氢站建设成本构成



资料来源: METI、广证恒生

造成我国加氢站数量少的最大阻碍是加氢站建设的高昂成本。要建成一座加氢能力在 200 公斤以上加氢站需要 1000 多万元,高昂的成本已然成为了加氢站建设和发展的最大阻力。加氢站的关键设备及零部件在我国还没本土化、自主化和批量化生产,也是加氢站建设成本高昂的重要原因之一。另外,我国现有加氢站极少,难以形成规模效应,间接导致了加氢站建设成本居高不下。除了建设成本之外,土地成本也是制约加氢站发展的重要因素。建设加氢站需要申请,而且只有申请商业用地才能在建成后公开运营,如果申请的是价格相对较低的工业用地,建成的加氢站不能公开运营。

图表31. 我国正在运营加氢站

城市	名称	城市	名称
上海	上海神力加氢站	佛山	丹灶瑞晖加氢站
	上海安亭加氢站		三水撬装式加氢站
	上海电驱加氢站		佛山云浮思劳加氢站
北京	北京永丰	常熟	丰田加氢站
郑州	郑州宇通	十堰	东风特汽(十堰)加氢站
江苏如皋	江苏如皋加氢站	大连	同济-新源加氢站
四川成都	郫都区加氢站	张家港	氢枫能源张家港加氢站
		张家口	张家口临时加氢站

资料来源: 中国客车网、广证恒生

4 中国燃料电池进入产业化阶段

产业链环节方面,氢燃料电池上游包含氢能和电池组件两大类。氢能体系主要包括氢的生产、储存和运输、应用三个环节;电池组件包括燃料电池电堆、储氢器等,其中电堆主要由双极板和膜电极组成,膜电极又包括电解质、催化剂、气体扩散层。产业链中游是燃料电池系统的组装部分。产业下游应用主要有固定发电、交通运输、便携式电子以及包含军事、航天在内的特殊领域。

1、产业链上游: 氢燃料电池产业链上游技术中,除制氢、储氢、运输和加氢外,还包括了电解质膜、催化剂、双极板、气体扩散层、空压机、水泵、氢泵等燃料电池的关键材料和部件。

2、产业链中游: 是将上游的材料和部件进行组装,集成到燃料电池系统。燃料电池系统分为燃料电池电堆和辅助子系统两大部分。其中燃料电池电堆中的核心材料分为膜电极(MEA)、双极板及其他部件。辅助子系统包括了供氢子系统、供气子系统、水管理系统、热管理系统、探测器、系统控制等部件。

2、产业链下游: 燃料电池最早因容量大的特点而首先应用于航天领域,随着技术的不断进步,氢燃料电池也逐步被运用于发电和汽车。现如今,伴随各类电子智能设备的崛起以及新能源汽车的风靡,氢燃料电池主要应用于三大领域:固定领域、运输领域、便携式领域。

4.1 燃料电池的类型与特征

燃料电池作为公认的高效、清洁的绿色能源装置，是内燃机的理想替代者。其中，氢能燃料电池被认为是实现车辆使用阶段“零排放”、全生命周期“低排放”的重要技术路径。燃料电池按燃料来源不同，可将其分为直接式、间接式和再生式三种。直接式燃料电池的燃料是液态或气态纯氢，不需要复杂的汽化产生氢气的过程，但需要铂、金、银等贵金属作催化剂。直接甲醇燃料电池也无须预先重整，可直接将甲醇在阳极转换成二氧化碳和氢，但需要比纯氢燃料消耗更多的铂催化剂。间接式燃料电池可将天然气、甲烷、汽油、LPG、二甲醚等作为燃料，经过重整和纯化后转变为氢或富氢燃料气再供给燃料电池，为电动汽车使用。再生式燃料电池可将燃料电池生成的水经适当的方法分解成氢及氧，再重新输送给燃料电池进行发电。

图表32. 燃料电池的类型与特征

温度	低温燃料电池 (60~200℃)		中温燃料电池 (160~220℃)	高温燃料电池 (600~1000℃)	
电池	质子交换膜燃料电池 (PEMFC)	碱性燃料电池 (AFC)	磷酸燃料电池 (PAFC)	熔融碳酸盐燃料电池 (MCFC)	固态氧化物燃料电池(SOFC)
电解质	全氟磺酸膜	氢氧化钾溶液	磷酸	熔融的碳酸盐	氧化钇稳定的氧化锆
导电离子	H+	OH-	H+	CO ₃ ²⁻	O ²⁻
燃料	氢气, 甲醇	纯氢	氢气	净化煤气、天然气、重整氢	净化煤气、天然气
氧化剂	空气	纯氧	空气	空气	空气
工作温度	室温~100℃	60~220℃	180~220℃	600~700℃	800~1000℃
启动时间	几分钟	几分钟	2~4h	>10h	>10h
效率	30%~40%	60%~70%	35%~45%	45%~60%	50%~65%
应用领域	汽车、移动电源、小型分布式发电、潜艇推动	航天、特殊的地面应用	分布式发电、特殊需求	分布式发电	辅助用电、分布式发电

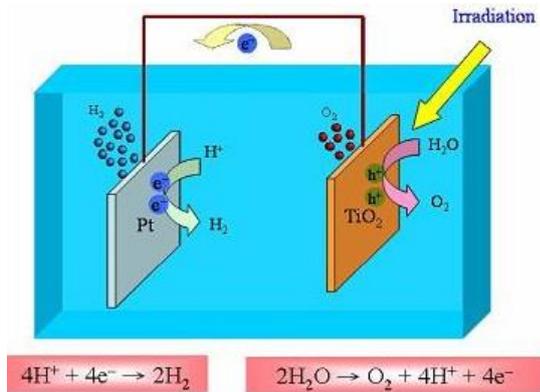
资料来源：中国氢能网、广证恒生

4.2 氢燃料电池产业链上游材料——氢能

在氢气的制造方面，现以氯碱工业副产氢为主流，电解水制氢将成为终极决方案。目前我国氢气可由化石燃料生产、水电解法生产和氯碱工业副产氢。化石燃料制造氢气要向大气排放大量的温室气体，对环境不利。水电解制造氢气则不产生温室气体，但是生产成本较高。因此水解制氢适合电力资源如水电、风能、地热能、潮汐能以及核能比较丰富的地区。现阶段氯碱工业副产氢是成本最低的氢气来源，未来电解水制氢是主流。在现阶段，选择成本较低、氢气产物纯度高的氯碱工业副路线，已经可以满足下游燃料电池车运营中对氢气的需求；天然气重整是欧美普遍采用的制氢方法，国内也广泛应用于化工行业；未来在核电及可再生能源发电成本大幅降低的情况下，电解水制氢将成为终极决方案。

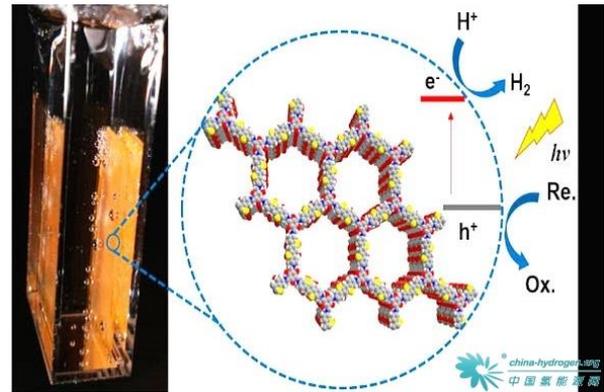
太阳能—氢系统，人类能源的希望。太阳能制氢分为直接制氢和间接制氢两种，直接制氢又分为热分解法和光分解法。热分解法是指用太阳能的高热量直接裂解水，得到氢和氧。直接热解水为氢和氧的反应，必须将水加热至 3000℃ 以上，反应才有实际应用的可能，由于操作温度太高，在超高温条件下，除了热源和材料问题外，如何分离产生的氢和氧也是难题。光分解法基于光量子可以使水和其他含氢化合物分子中氢键断裂的原理，制氢包括许多途径，主要有光催化法和光电解法等。光催化过程是指含有催化剂的反应体系，在光照下由于催化剂存在，促使水解制得氢气。光电解制氢，利用半导体电极的光化学效应制成太阳能光电化学电池，以水为原料，在太阳光照下制造氢气。这些太阳能直接制氢方法目前尚处于基础研究阶段。

图表33. 传统电解水制氢



资料来源：中国氢能源网、广证恒生

图表34. 光催化剂进行太阳能制氢



资料来源：中国氢能源网、广证恒生

对于氢气的储存和运输，气氢拖车运输是目前性价比最高的选择，未来液氢罐车是主流。运氢的方式主要分为：气氢拖车运输、气氢管道运输和液氢罐车运输。拖车运输适用于将制氢厂的氢气送到距离不太远而同时需求量不大的用户，前期投资不高；而管道运输前期投入高，适用于大规模的输送；液氢罐车的运输能力强但仍存在技术难点。从现阶段加氢站对运输距离（<500km，200km 为宜）和运输规模（10吨/天）的需求来看，氢气最佳的运输方式仍是气氢拖车。

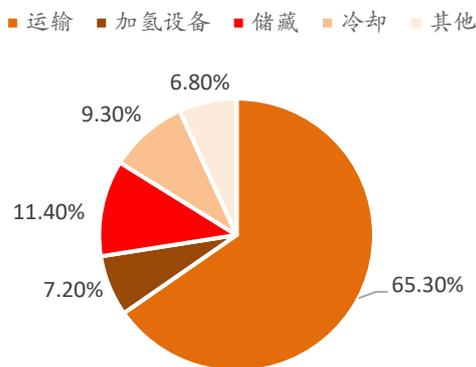
图表35. 氢气的运输方法

序号	方法	备注
1	气氢运输	用高压氢气瓶和管式拖车运输氢气，距离一般在 200 公里以内
2	液氢运输	液化氢气罐运输，远距离的运输一般采用液态氢气的方法
3	管道运输	局限于短距离运输，如炼油厂和化肥厂的氢气运输，长距离大规模的管道氢气运输尚不存在，不过管道运输是最廉价的方式，是未来氢气运输的主要方式，目前处于研发阶段

资料来源：《加氢站氢气运输方案比选》、广证恒生

当前氢的存储和运输（包括压缩）费用占氢气售价的占比超过一半，若通过分布式制氢，将有效降低运输成本。例如将大型的外供式加氢站建在大型的集中制氢基地附近，通过减少运输距离降低成本。据国外媒体报道，Hexato Composites 已成为 Resato International BV 的供应商，将为荷兰海牙的第一座加氢站提供高压储氢罐组件。Resato 作为高压技术的行业领先者，正在与 Shell Kerkhof&Zn 合作建立新的加氢站，每 15 分钟将为三个用户提供加氢服务。

图表36. 加氢成本构成



资料来源：美国能源部、广证恒生

图表37. Hexagon 首次为加氢站提供储氢装置



资料来源：中国氢能源网、广证恒生

撬装式加氢站是目前发展的重点。按照加氢站的不同形式分类，加氢站可以分为：固定式和移动式，其中移动式加氢站又可以分为移动撬装式和加氢车两种，移动加氢站具有机动灵活、加注能力高、性能可靠、使用简单方便等优点。这几种形式可以和站内制氢以及站外供氢的模式进行有机混合。例如，丰田在澳洲推出 Mirai 时，也建设了移动式氢气加氢站，相当于半自动拖车，生产及压缩氢气，并输送至冷却的储氢罐中。

图表38. 加氢站的分类及特点

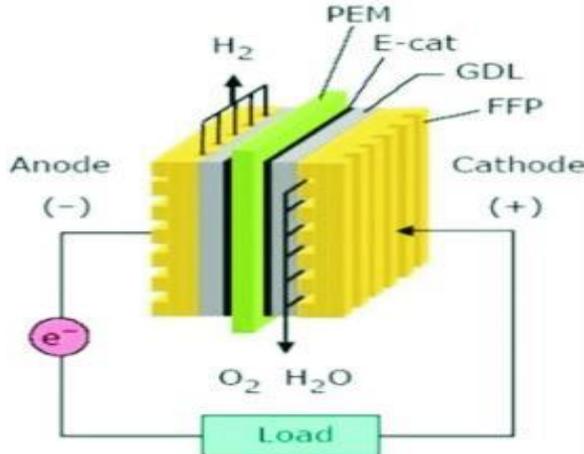
类型	复杂程度	场地要求	建设周期	加注能力	扩展性	建设成本
固定式加氢站	高	大	半年~一年	可同时为多辆车加注	可增加扩容	100万~3000万
撬装式加氢站	中	较大	六个月以内	可为一定数量车加注	一般不能扩容	300万~1000万
简易加氢装置	中	中	一般四个月	只能加注一辆	一般不能扩容	几十万~一百万
移动加氢车	低	小	一般四个月	可给一定数量车加注	一般不能扩容	200万~500万

资料来源：北京派瑞华氢能科技有限公司官网、广证恒生

4.3 上游材料燃料电池堆——膜电极组件

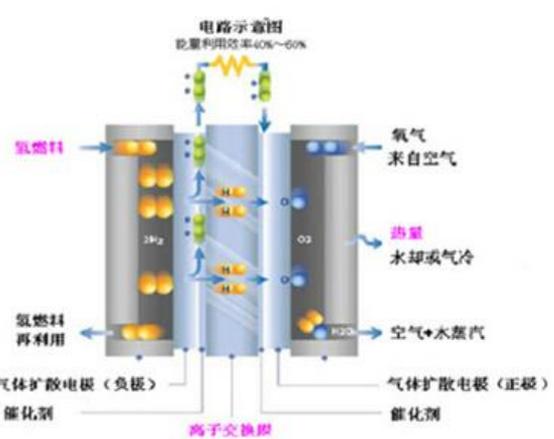
质子交换膜，燃料电池的核心元件。氢燃料电池产业链上游技术中，除制氢、储氢、运输和加氢外，还包括了电解质膜、催化剂、双极板、气体扩散层、空压机、水泵、氢泵等燃料电池的关键材料和部件。质子交换膜是燃料电池关键材料，其作用是在反应时，只让阳极失去电子的氢离子（质子）透过到达阴极，但阻止电子、氢分子、水分子等通过，因而需要其具有以下几个特性：（1）电导率高（高选择性地离子导电而非电子导电）；（2）化学稳定性好（耐酸碱和抗氧化还原能力）；（3）热稳定性好；（4）良好的机械性能（如强度和柔韧性）；（5）反应气体的透气率低、水的电渗系数小；（6）可加工性好、价格适当。

图表39. 质子交换膜作用机制



资料来源：中国新能源网、广证恒生

图表40. 质子交换膜的燃料电池(PEMFC)



资料来源：中国新能源网、广证恒生

质子交换膜是质子交换膜燃料电池 (PEMFC) 的核心元件，以全氟磺酸膜为主，目前国产化进程提速，全氟磺酸膜有机械强度高、化学稳定性好、湿度大条件下电导率高等优点，但是同时也存在缺点：温度升高时会引起质子传导性变差、高温时易发生化学降解、单体合成困难、成本高等。因此各机构也在研究其他类型的膜，包括复合膜、高温膜、碱性膜等。质子交换膜目前主流趋势是全氟磺酸增强型复合膜，质子交换膜逐渐趋于薄型化，由几十微米降低到十几微米，降低质子传递的欧姆极化，以达到更高的性能。开发低铂、高反应效率的 CCM 型薄催化层膜电极是目前质子交换膜燃料电池开发的重要技术方向。

图表41. 国内外主要质子交换膜供应商

	生产厂家	产品型号	特性
国外	科慕	Nafion 系列膜	化学稳定性强、机械强度高、在高湿度下电导率高、低温下电流密度大、质子传导电阻小、目前市场占有率最高

	Gore	Gore-select 复合膜	改性全氟磺酸膜，技术处于全球领先地位
	3M	PAIF 复合膜	主要用于碱性工作环境
	旭硝子	Flemion 系列膜	具有较长支链，性能与 Nafion 膜相当
	旭化成	AlcipleX 系列膜	具有较长支链，性能与 Nafion 膜相当
	Dow	陶氏 Xus-B204 膜	因含氟侧链短，合成难度大且价格高，现已停产
国内	东岳集团	DF988、DF2801	高性能，适用于高温 PEMFC 的短链全氟磺酸膜
	武汉理工 新能源	复合质子交换膜	已向国内外数家研究单位提供测试样品，得到好评

资料来源：燃料电池发动机工程技术研究中心、广证恒生

催化剂--Pt/C 是目前主流，超低铂、无铂是未来方向。催化剂是燃料电池的关键材料之一，催化剂作用于氢气，使电子离开氢原子。目前燃料电池中常用的商用催化剂是 Pt/C，由纳米级的 Pt 颗粒（3~5nm）和支撑这些 Pt 颗粒的大比表面积活性炭构成。质子交换膜燃料电池商业化进程中的主要阻碍之一是价格高昂的贵金属催化剂，铂载量已大幅下降，超低铂或无铂是未来研究重点。燃料电池零部件的成本主要来源于原材料与加工费用，美国 Strategic Analysis 公司发布的报告显示，在目前技术水平下，加工成本主导的部件(如质子交换膜、气体扩散层)的成本可通过规模化生产来降低，但材料成本占主导的催化剂难以通过量产来降低成本。因此，减少铂的使用量才是降低催化剂成本的有效途径。

Pt 催化剂除了受成本与资源制约外，也存在耐久性问题，主要体现在稳定性上。通过燃料电池衰减机制分析可知，燃料电池在车辆运行工况下，催化剂会发生衰减，如在动电位作用下会发生 Pt 纳米颗粒的团聚、迁移、流失等。针对这些成本和耐久性问题，研究新型高稳定、高活性的低 Pt 或非 Pt 催化剂是目前热点。许多研究着眼于提高 Pt 基阴极氧还原（ORR）催化剂的稳定性、利用率、改进电极结构以降低 Pt 负载量，降低燃料电池成本。另一些研究专注于开发寻找完全可以替代铂的、低成本的、资源丰富的非铂 ORR 催化剂。

图表42. 催化剂主要研究方向

催化剂	定义	优点
Pt-M 催化剂	Pt 与过渡金属合金催化剂	通过过渡金属催化剂对 Pt 的电子与几何效应，在提高稳定性的同时，质量比活性也有所提高。同时降低了贵金属的用量，使催化剂的成本大幅降低
Pt 核壳催化剂	利用非 Pt 材料为支撑核、表面贵金属为壳的结构	可降低 Pt 用量，提高质量比活性，是下一代催化剂的发展方向之一
Pt 单原子层催化剂	Pt 单原子层的核壳结构催化剂	是一种有效降低 Pt 用量、提高 Pt 利用率，同时改善催化剂的 ORR 性能的方式
非贵金属催化剂	主要包括过渡金属原子簇合物、过渡金属螯合物、过渡金属氮化物与碳化物	降低成本

资料来源：中国氢能源网、广证恒生

气体扩散层是容易实现降低成本的部分，规模化生产是发展重点。气体扩散层位于流畅和催化层之间，主要作用是参与反应的气体和生成的水提供传输通道，并支撑催化剂。因此，扩散层基底材料的性能将直接影响燃料电池的电池性能。气体扩散层必须具备良好的机械强度、合适的孔结构、良好的导电性、高稳定性。通常气体扩散层由支撑层和微孔层组成，支撑层材料大多是憎水处理过的多孔碳纸或碳布，微孔层通常是由导电炭黑和憎水剂构成，作用是降低催化层和支撑层之间的接触电阻，使反应气体和产物水在流场和催化层之间实现均匀再分配，有利于增强导电性，提高电极性能。选择性能优良的气体扩散层基材能直接改善燃料电池的工作性能。性能优异的扩散层基材应满足以下要求：（1）低电阻率；（2）高孔隙度和一定范围内的孔径分布；（3）一定的机械强度；（4）良好的化学稳定性和导热性能；（5）较高的性价比。由于炭材料的孔隙度较高，孔径可调，常常被用作制备气体扩散层，主要有炭纸、碳纤维布、无纺布和炭黑纸，此外，也有的利用泡沫金属、金属网等来制备。工艺方面，气体扩散层所用炭纸初坯的制

备方法可分为两种：湿法和干法。湿法造纸技术制备的扩散层用炭纸具有良好且均匀的大量孔隙，能够通过调节酚醛树脂的量来控制孔隙率的大小，有利于加工成满足实际需求的炭纸。

图表43. 不同种类扩散层的性能指标

	碳纤维纸	碳纤维编织布	炭黑纸
厚度 (mm)	0.2-0.3	0.1-1.0	<0.5
密度 (g/cm ³)	0.4-0.45	N/A	0.35
强度 (MPa)	16-18	3000	N/A
电阻率 (Ω·cm)	0.02-0.10	N/A	0.5
透气性 (%)	70-80	60-90	70

资料来源：中国氢能源网、广证恒生

目前全球碳纸/碳布生产厂家较少，供应商主要为日本东丽、德国西格里(SGL)集团、日本 JSR、加拿大 Ballard、台湾碳能等。东丽占据较大的市场份额，我国对碳纸的研发主要集中于中南大学、武汉理工大学等高校。中国大陆气体扩散层量产技术还是空白，主要原因是气体扩散层的石墨化工序需要 2000℃ 以上的高温，但高温炉技术尚未掌握。

4.4 上游材料燃料电池堆——双极板

双极板中，石墨双极板最为成熟，金属双极板是未来方向。双极板，又叫流场板，是燃料电池的关键组件之一，主要起到输送和分配燃料、在电堆中隔离阳极阴极气体的作用。双极板占整个燃料电池重量的 60%，成本的 13%。主要功能有：连接单体模块、分隔反应气体、收集电流、散热和排水等。其基体材料需具有强度高、致密性好、导电和导热性能好等特点，材料的选择将直接影响燃料电池的电性能和使用寿命。

图表44. 不同双极板的特点对比

类型	优势	劣势	供应商/研究机构
石墨双极板	导电性、导热性、耐腐蚀性好，重量轻，技术成熟	体积大，强度和加工性能较差	美国 POCO、SHF、Graftech、加拿大 Ballard、日本 Fujikura Rubber LTD、Kyushu Refractories、英国 Bac2、杭州鑫能石墨、江阴沪江科技、上海喜丽碳素
金属双极板	强度高，导电性、导热性好，成本低	密度较大、耐腐蚀性差	Treadstone、Cellimpact、DANA、Grabener、Siemens、大连物化所
复合材料双极板	兼具石墨材料的耐蚀性能和金属材料的高强度的特点，阻气性好	质量大，加工繁琐，成本高	Porvair，美国橡树岭国家实验室、华南理工大学等

资料来源：中国氢能源网、广证恒生

石墨双极板目前最成熟，金属与复合材料双极板有较大发展空间。根据基体材料的不同，双极板可以分为石墨双极板、金属双极板和复合材料双极板，其中石墨双极板最早被开发使用，目前技术已经成熟，并已实现商业化大规模应用了。金属双极板是替代石墨双极板的最佳选择，表面改性的多涂层结构金属双极板具备较大的发展空间。金属双极板的机械性能、加工性能、导电性等都十分优异，易于批量化生产降低成本。

4.5 中游材料供气子系统——空压机

空气压缩机：涡旋和双螺杆空压机是目前主流技术路线。空压机的作用是将常压的空气压缩到燃料电池期望的压力,并根据电力需求提供相应的空气流量。空压机的种类很多，按工作原理可分为 3 大类：容积型（活塞式、螺杆式、涡旋式）、速度型（离心式、鼓风机）、热力型压缩机（喷射器）等。目前，车用燃料电池使用的空压机主要是容积型空压机和速度型空压机。

图表45. 空气压缩机种类及对比

压缩机种类	优势	劣势
滑片式空气压缩机	无需润滑剂	机械摩擦大，效率较低
涡旋式空气压缩机	噪声小	体积大、质量大；随着主轴转速的提高，压缩机的振动也会随之增大
涡轮式空气压缩机	效率高，在高速电机的支持下，小体积下可以提供相当的流量	整机可靠性，无故障运行时间、小流量供气方面还存在一些问题
螺杆空气压缩机	结构紧凑、零部件少、无易损件、体积小、重量轻、排气稳定、可靠性好	噪声较大、需要供油润滑轴承
离心式压缩机	高效率、低费用、轻质、密封、自调	偏离设计工况下，性能下降很严重

资料来源：中国氢能网、广证恒生

螺杆式空压机的优点是压力/流量可以灵活调整、启停方便、安装简单；但其缺点是噪声大、体积大、质量重和价格高。涡旋式空压机也属于容积式机械，在容积式流体机械中容积效率较高，且压力与气量连续可调，在宽的工况下都能达到较高的效率。涡旋机械可设计成压缩机--电机--膨胀机共轴的一体化结构型式。但与离心式相比尺寸和重量较大。离心式空压机的价格相对便宜，质量和体积功率密度高，是目前燃料电池用空压机的开发方向。但是离心式空压在偏离设计工况情况下性能下降严重。

4.6 氢燃料电池产业链——下游应用

燃料电池早在 20 世纪 60 年代就因其体积小、容量大的特点而成功应用于航天领域。进入 70 年代后，随着技术的不断进步，氢燃料电池也逐步被运用于发电和汽车。现如今，伴随各类电子智能设备的崛起以及新能源汽车的风靡，氢燃料电池主要应用于三大领域：固定领域、运输领域、便携式领域。从市场的观点来看，燃料电池因其效率高、持久性好、无污染、环境适应性强的特质，既适宜用于集中发电，建造大、中型电站和区域性分散电站，也可用作各种规格的分散电源、电动车、不依赖空气推进的潜艇动力源和各种可移动电源，同时也可作为手机、笔记本电脑等供电的优选小型便携式电源。

固定式燃料电池系统的主要应用领域为通讯基站、大型热电联产、居民住宅热电联产及备用能源等。固定式燃料电池行业正处于一个非常活跃的阶段，许多公司计划开发或安装固定式燃料电池系统，由于现代社会对电力系统的稳定性及在自然灾害情况下电力的持续供应要求的增加，固定式燃料电池系统作为小型发电及备用电源系统得以迅速的发展。固定式燃料电池系统主要供应商主要分布在美国、日本、澳大利亚和欧洲。

交通运输领域包括为乘用车、巴士/客车、以及其他以燃料电池作为动力的车辆提供的燃料电池，例如特种车辆、物料搬运设备和越野车辆的辅助供电装置等。燃料电池车相比传统汽车，具有无污染、零排放、无噪声的优势，相比电动车续航里程更长，是目前关注度最高的应用领域。我国燃料电池车辆产业化应用或将首先聚焦燃料电池大客车。

图表46. 中外燃料电池汽车对比

领域	差异内容
关键材料	如电催化剂、质子交换膜、炭纸大都采用进口材料，且多数为国外垄断，价格高；国内产品尚未形成批量生产能力，或者产品质量不够稳定。
附件系统	如空压机、加湿器、氢循环装置等附件系统，基本依赖进口；国内空压机正加紧开发，已具备一定的应用能力。
性能指标	功率密度、使用寿命、温度适应性等方面与国外存在较大差异。

资料来源：前瞻产业研究院、广证恒生

5 投资建议

我们推荐产业布局合理的潍柴动力（参股巴拉德、弗尔赛等）、厚普股份(加氢站设备)、雄韬股份(布局膜电极、电堆、系统企业)。

图表47. 燃料电池主要上市公司估值对比

股票	公司代码	当前股价	EPS 预测			PE 预测		
			2018E	2019E	2020E	2018E	2019E	2020E
潍柴动力	000338.SZ	13.69	1.08	1.14	1.25	7.11	11.60	10.58
滨化股份	601678.SH	6.85	0.64	0.59	0.65	10.64	11.53	10.47
潍柴动力	000338.SZ	11.85	0.99	1.14	1.25	11.99	10.37	9.47
雪人股份	002639.SZ	8.36	0.02	0.06	0.11	221.35	197.93	112.80

资料来源：WIND 一致预期、广证恒生

6 风险提示

能源补贴政策出现调整，新能源车销量不达预期；上游原材料价格出现波动，燃料电池汽车推广不及预期影响公司业绩增速。



广证恒生电力设备新能源团队介绍：

潘永乐：厦门大学金融硕士，8 年证券研究经验，主要覆盖工控、电力设备。

徐 超：浙江大学核技术硕士，2 年证券研究经验，主要覆盖新能源发电。

李子豪：北京理工大学航天工程硕士，1 年证券研究经验，主要覆盖新能源汽车。

广证恒生：

地址：广州市天河区珠江西路 5 号广州国际金融中心 4 楼

电话：020-88836132，020-88836133

邮编：510623

股票评级标准：

强烈推荐：6 个月内相对强于市场表现 15% 以上；

谨慎推荐：6 个月内相对强于市场表现 5%—15%；

中性：6 个月内相对市场表现在 -5%—5% 之间波动；

回避：6 个月内相对弱于市场表现 5% 以上。

分析师承诺：

本报告作者具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格，以勤勉的职业态度，独立、客观地出具本报告。本报告清晰、准确地反映了作者的研究观点。在作者所知情的范围内，公司与所评价或推荐的证券不存在利害关系。

重要声明及风险提示：

我公司具备证券投资咨询业务资格。本报告仅供广州广证恒生证券研究所有限公司的客户使用。

本报告中的信息均来源于已公开的资料，我公司对这些信息的准确性及完整性不作任何保证，不保证该信息未经任何更新，也不保证我公司做出的任何建议不会发生任何变更。在任何情况下，报告中的信息或所表达的意见并不构成所述证券买卖的出价或询价。在任何情况下，我公司不就本报告中的任何内容对任何投资做出任何形式的担保。我公司已根据法律法规要求与控股股东（广州证券股份有限公司）各部门及分支机构之间建立合理必要的信息隔离墙制度，有效隔离内幕信息和敏感信息。在此前提下，投资者阅读本报告时，我公司及其关联机构可能已经持有报告中提到的公司所发行的证券或期权并进行证券或期权交易，或者可能正在为这些公司提供或者争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等相关服务。法律法规政策许可的情况下，我公司的员工可能担任本报告所提到的公司的董事。我公司的关联机构或个人可能在本报告公开前已经通过其他渠道独立使用或了解其中的信息。本报告版权归广州广证恒生证券研究所有限公司所有。未获得广州广证恒生证券研究所有限公司事先书面授权，任何人不得对本报告进行任何形式的发布、复制。如引用、刊发，需注明出处为“广州广证恒生证券研究所有限公司”，且不得对本报告进行有悖原意的删节和修改。

市场有风险，投资需谨慎。